

СОДЕРЖАНИЕ

1. Пролог**	15
ЗАМЕЧАНИЕ О ТЕРМИНАХ	17
БЛАГОДАРНОСТИ	17
2. ГЛОССАРИЙ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ	19
2.1. ОБЩИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СИМВОЛЫ	19
2.2. Систематический каталог общих и идиосинкразических понятий	22
2.2.1. Класс степенного закона \mathfrak{F}	22
2.2.2. Закон больших чисел (слабый)	23
2.2.3. Центральная предельная теорема (ЦПТ)	23
2.2.4. Закон средних чисел, или Предасимптотика	24
2.2.5. Показатель каппа	24
2.2.6. Эллиптическое распределение	25
2.2.7. Статистическая независимость	25
2.2.8. Устойчивое распределение (устойчивое по Леви)	25
2.2.9. Многомерное устойчивое распределение	26
2.2.10. Точка Караматы	26
2.2.11. Субэкспоненциальность	26
2.2.12. t -распределение Стьюдента как прокси	27
2.2.13. Круг цитирования	27
2.2.14. Погоня за рентой в научном мире	28
2.2.15. Псевдоэмпиризм, или Проблема Пинкера	28
2.2.16. Предасимптотика	29
2.2.17. Стохастизация	29
2.2.18. Стоимость под риском, условная стоимость под риском	30
2.2.19. Своя шкура на кону	30
2.2.20. График MS	31
2.2.21. Максимальный аттрактор (MDA)	31
2.2.22. Подмена интеграла в литературе для психологов	31
2.2.23. Попытка вынести вероятность за скобку (еще одна типичная ошибка)	32
2.2.24. Линейка Витгенштейна	32
2.2.25. Черные лебеди	32
2.2.26. Выборочная функция распределения ненаблюдаема эмпирически	33
2.2.27. Скрытый хвост	34
2.2.28. Теневой момент	35
2.2.29. Зависимость в хвосте	35
2.2.30. Метавероятность	35
2.2.31. Динамическое хеджирование	35

Часть I. ЖИРНЫЕ ХВОСТЫ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ, ЗНАКОМСТВО

3. НЕТЕХНИЧЕСКИЙ ОБЗОР — ЛЕКЦИЯ В КОЛЛЕДЖЕ ДАРВИНА*†	39
3.1. О РАЗЛИЧИИ МЕЖДУ ТОНКИМ И ЖИРНЫМ ХВОСТОМ	39
3.2. ХВОСТ, ВЛИЯЮЩИЙ СОБАКАМИ: ИНТУИТИВНО	44
3.3. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КАТЕГОРИИ И ЧТО ИЗ НИХ СЛЕДУЕТ	44
3.4. ОСНОВНЫЕ СЛЕДСТВИЯ И КАК ОНИ СВЯЗАНЫ С ДАННОЙ КНИГОЙ	49
3.4.1. Прогнозирование	60
3.4.2. Закон больших чисел	61
3.5. ЭПИСТЕМОЛОГИЯ И ДЕДУКТИВНАЯ АСИММЕТРИЯ	64
3.6. НАИВНЫЙ ЭМПИРИЗМ: НЕ НАДО СРАВНИВАТЬ ЭБОЛУ И ПАДЕНИЯ СО СТРЕМЯНОК	69
3.6.1. Как изменяется масштаб некоторых мультипликативных рисков	73
3.7. АЗБУКА СТЕПЕННЫХ ЗАКОНОВ (ПОЧТИ БЕЗ МАТЕМАТИКИ)	74
3.8. ГДЕ ПРЯЧУТСЯ СКРЫТЫЕ СВОЙСТВА?	77
3.9. БАЙЕСА-ШМАЙЕСА	81
3.10. X И $F(X)$: КАК ПУТАЮТ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЕЛИЧИНЫ X С САМОЙ ВЕЛИЧИНОЙ X	82
3.11. РАЗОРЕНИЕ И ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ПУТИ	86
3.12. ЧТО ДЕЛАТЬ?	89
4. ОДНОМЕРНЫЕ ЖИРНЫЕ ХВОСТЫ УРОВНЯ 1, С КОНЕЧНЫМИ МОМЕНТАМИ†	91
4.1. ПРОСТАЯ ЭВРИСТИКА, КАК СОЗДАВАТЬ СЛЕГКА ЖИРНЫЕ ХВОСТЫ	91
4.1.1. Эвристика, сохраняющая дисперсию	94
4.1.2. Ужирнение хвостов при помощи асимметричной дисперсии	95
4.2. СПОСОБНА ЛИ СТОХАСТИЧЕСКАЯ ВОЛАТИЛЬНОСТЬ ГЕНЕРИРОВАТЬ СТЕПЕННЫЕ ЗАКОНЫ?	98
4.3. ТУЛОВИЩЕ, ПЛЕЧИ И ХВОСТЫ	99
4.3.1. Точки перехода и туннельный эффект	99
4.4. ЖИРНЫЕ ХВОСТЫ, СРЕДНЕЕ ОТКЛОНЕНИЕ И ПОВЫШАЮЩИЕСЯ НОРМЫ	103
4.4.1. Обычные ошибки	103
4.4.2. Немного аналитики	105
4.4.3. Влияние жирных хвостов на «эффективность» STD против MAD	108
4.4.4. Моменты и неравенство о средних разной степени	109
4.4.5. Комментарий: почему среднее квадратическое отклонение нужно отправить в отставку, и немедленно!	112
4.5. ВИЗУАЛИЗИРУЕМ, КАК РОСТ p ВЛИЯЕТ НА ИЗО-НОРМЫ	115
5. УРОВЕНЬ 2: СУБЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫЕ И СТЕПЕННЫЕ ЗАКОНЫ	118
5.0.1. Вернемся к ранжированию	118
5.0.2. Что такое пограничное распределение вероятностей?	120
5.0.3. Давайте выдумаем распределение	121
5.1. УРОВЕНЬ 3: МАСШТАБИРУЕМОСТЬ И СТЕПЕННЫЕ ЗАКОНЫ	123
5.1.1. Масштабируемое и немасштабируемое — более глубокий взгляд на жирные хвосты	123
5.1.2. Серые лебеди	126
5.2. НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА СТЕПЕННЫХ ЗАКОНОВ	126
5.2.1. Сумма случайных величин	126
5.2.2. Преобразования	127
5.3. КОЛОКОЛООБРАЗНЫЕ И ДРУГИЕ СТЕПЕННЫЕ ЗАКОНЫ	128
5.4. ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТЕПЕННЫХ ЗАКОНОВ: ПРИМЕР	129
5.5. СВЕРХЖИРНЫЕ ХВОСТЫ: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОГ-ПАРЕТО	130
5.6. ПСЕВДОСТОХАСТИЧЕСКАЯ ВОЛАТИЛЬНОСТЬ: РАССЛЕДОВАНИЕ	131

6. ЖИРНЫЕ ХВОСТЫ В ВЫСШИХ РАЗМЕРНОСТЯХ [†]	134
6.1. ТОЛСТЫЕ ХВОСТЫ ПРИ ВЫСОКОЙ РАЗМЕРНОСТИ, КОНЕЧНЫЕ МОМЕНТЫ.....	134
6.2. СОВМЕСТНАЯ ЖИРНОХВОСТОСТЬ И ЭЛЛИПТИЧНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ.....	135
6.3. МНОГОМЕРНОЕ t-РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТЬЮДЕНТА.....	140
6.3.1. Эллиптичность и независимость при толстых хвостах.....	140
6.4. ЖИРНЫЕ ХВОСТЫ И ВЗАИМНАЯ ИНФОРМАЦИЯ.....	141
6.5. ЖИРНЫЕ ХВОСТЫ И СЛУЧАЙНЫЕ МАТРИЦЫ, КРАТКОЕ ОТСТУПЛЕНИЕ.....	142
6.6. КОРРЕЛЯЦИЯ И НЕОПРЕДЕЛЕННАЯ ДИСПЕРСИЯ.....	143
6.7. ЖИРНОХВОСТЫЕ ОСТАТКИ В МОДЕЛЯХ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ.....	144
A. ОСОБЫЕ СЛУЧАИ ТОЛСТЫХ ХВОСТОВ.....	149
A.1. МУЛЬТИМОДАЛЬНОСТЬ И ЖИРНЫЕ ХВОСТЫ, ИЛИ МОДЕЛЬ ВОЙНЫ И МИРА.....	149
A.2. ПЕРЕХОДНЫЕ ВЕРОЯТНОСТИ: ЧТО МОЖЕТ РАЗБИТЬСЯ, РАЗОБЬЕТСЯ.....	152

Часть II. ЗАКОН СРЕДНИХ ЧИСЕЛ

7. ПРЕДЕЛЬНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, КОНСОЛИДАЦИЯ ^{††}	157
7.1. НАПОМИНАНИЕ: СЛАБЫЙ И СИЛЬНЫЙ ЗБЧ.....	157
7.2. ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПРЕДЕЛ В ДЕЙСТВИИ.....	159
7.2.1. Устойчивое распределение.....	160
7.2.2. Закон больших чисел для устойчивого распределения.....	160
7.3. СКОРОСТЬ СХОДИМОСТИ ЦПТ: НАГЛЯДНЫЕ ОПЫТЫ.....	161
7.3.1. Быстрая сходимость: равномерное распределение.....	161
7.3.2. Полузамедленная сходимость: экспоненциальные распределения.....	162
7.3.3. Медленный Парето.....	163
7.3.4. Полукубический Парето и его область сходимости.....	165
7.4. КУМУЛЯНТЫ И СХОДИМОСТЬ.....	166
7.5. ПОВТОРИМ ТЕХНИКУ: ТРАДИЦИОННЫЕ ВЕРСИИ ЦПТ.....	169
7.6. ЗАКОН БОЛЬШИХ ЧИСЕЛ ДЛЯ ВЫСШИХ МОМЕНТОВ.....	170
7.6.1. Высшие моменты.....	170
7.7. СРЕДНЕЕ ОТКЛОНЕНИЕ ДЛЯ УСТОЙЧИВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ.....	173
8. СКОЛЬКО НУЖНО ДАННЫХ? РАБОЧИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ЖИРНОХВОСТОСТИ [†]	175
8.1. ВВЕДЕНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	176
8.2. ПОКАЗАТЕЛЬ КАППА.....	178
8.3. УСТОЙЧИВЫЙ БАССЕЙН СХОДИМОСТИ КАК ТОЧКА ОТСЧЕТА.....	179
8.3.1. Эквиваленты устойчивых распределений.....	180
8.3.2. Практическая значимость при достаточной выборке.....	182
8.4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ.....	184
8.4.1. Некоторые странности асимметричных распределений.....	184
8.4.2. Скорость сходимости t-распределения Стьюдента к гауссову бассейну.....	184
8.4.3. Логнормальный хвост — ни тонкий, ни жирный.....	185
8.4.4. Возможна ли отрицательная каппа?.....	185
8.5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И СЛЕДСТВИЯ.....	185
8.5.1. Портфельная псевдостабилизация.....	186
8.5.2. Другие аспекты статистических выводов.....	187
8.5.3. Последний комментарий.....	187
8.6. ПРИЛОЖЕНИЕ, ВЫВОД ФОРМУЛ, ДОКАЗАТЕЛЬСТВА.....	187
8.6.1. Кубическое t-распределение Стьюдента (гауссов бассейн).....	187
8.6.2. Логнормальные суммы.....	190
8.6.3. Экспоненциальное распределение.....	193
8.6.4. Отрицательная каппа, отрицательный эксцесс.....	193

9. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ И СКРЫТЫЕ ХВОСТЫ*†	195
9.1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ВСТУПЛЕНИЕ К ТЭЗ	197
9.1.1. Любой хвост степенного закона ведет к Фреше	198
9.1.2. Гауссов случай	200
9.1.3. Теорема Пикэндса — Балкемы — де Гаана	202
9.2. НЕВИДИМЫЙ ХВОСТ ПРИ СТЕПЕННОМ ЗАКОНЕ	202
9.2.1. Сравнение с нормальным распределением	205
9.3. ПРИЛОЖЕНИЕ: ЭМПИРИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕ ЭМПИРИЧНО	205
В. СКОРОСТЬ РОСТА И РЕЗУЛЬТАТ ПРИНАДЛЕЖАТ РАЗНЫМ КЛАССАМ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ	207
В.1. ЗАГАДКА	207
В.2. У ПАНДЕМИЙ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ЖИРНЫЕ ХВОСТЫ	209
С. ПРИНЦИП БОЛЬШОГО ОТКЛОНЕНИЯ, ВКРАТЦЕ	211
Простой случай: оценка Чернова	212
Д. КАЛИБРОВКА В СИТУАЦИИ ПАРЕТО	214
D.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБОРОЧНОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЯ ХВОСТА	216
10. ПЕЧАЛЬНО, НО ФАКТ: ДИАГНОСТИКА S&P 500 †	219
10.1. ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ КЛАССУ ПАРЕТО И МОМЕНТЫ	219
10.2. КРИТЕРИИ СХОДИМОСТИ	221
10.2.1. Критерий 1: эксцесс при агрегации	221
10.2.2. Максимальные падения	222
10.2.3. Эмпирическая каппа	224
10.2.4. Проверка 2: условное математическое ожидание избытка	225
10.2.5. Проверка 3: неустойчивость 4-го момента	227
10.2.6. Проверка 4: график MS	227
10.2.7. Рекорды и экстремальные значения	228
10.2.8. Асимметричность хвостов справа и слева	231
10.3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ: ПЕЧАЛЬНО, НО ФАКТ	233
Е. ПРОБЛЕМА С ЭКОНОМЕТРИКОЙ	234
E.1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТАНДАРТНЫХ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОЦЕНОК РИСКА	235
E.2. ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТАНДАРТНЫХ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОЦЕНОК РИСКА	238
Ф. ОСОБЕННОСТИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	242
F.0.1. Калибровка по углам	245

Часть III. ПРЕДСКАЗАНИЯ, ПРОГНОЗЫ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ

11. КАЛИБРОВКА ВЕРОЯТНОСТИ ПРИ ЖИРНЫХ ХВОСТАХ †	249
11.1. Непрерывные и дискретные платежные функции: определения и комментарии	250
11.1.1. Отходим от словесных формулировок	251
11.1.2. При жирных хвостах нет стандартной величины «коллапса», «катастрофы» или «успеха»	255
11.2. МНИМАЯ ПЕРЕОЦЕНКА ХВОСТОВОЙ ВЕРОЯТНОСТИ В ПСИХОЛОГИИ	257
11.2.1. Тонкие хвосты	258
11.2.2. Жирные хвосты	258
11.2.3. Что с чем путают	259
11.2.4. Неопределенность распределения	263
11.3. КАЛИБРОВКА И МНИМАЯ КАЛИБРОВКА	264
11.4. ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ	264
11.4.1. Вывод распределений	267
11.5. НЕВЕРБАЛЬНЫЕ ПЛАТЕЖНЫЕ ФУНКЦИИ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ	269
11.6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	271
11.7. ПРИЛОЖЕНИЕ: ДОКАЗАТЕЛЬСТВА И ВЫВОД ФОРМУЛ	272

11.7.1. Распределение подсчета пары $P_n^{(P)}$	272
11.7.2. Распределение оценки Брайера.....	272
12. ПРЕДСКАЗАНИЯ ВЫБОРОВ КАК МАРТИНГАЛ: АРБИТРАЖНЫЙ ПОДХОД †	276
12.0.1. Основные результаты.....	278
12.0.2. Организация.....	279
12.0.3. Обсуждение нейтральности к риску	281
12.1. СТОИМОСТЬ В СТИЛЕ БАШЕЛЬЕ	281
12.2. ОГРАНИЧЕННЫЙ ДВОЙСТВЕННЫЙ МАРТИНГАЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС.....	283
12.3. СВЯЗЬ С ОЦЕНЩИКОМ ВЕРОЯТНОСТИ ДЕ ФИНЕТТИ.....	285
12.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И КОММЕНТАРИИ	286
ПРИЛОЖЕНИЕ: ВСЕ ДОРОГИ ВЕДУТ К ФИНАНСОВОЙ МАТЕМАТИКЕ	287
Некорректные претензии	287
Неправильная арбитражная стоимость	287
Арбитражные вопросы	288
БЛАГОДАРНОСТИ.....	290

Часть IV. ОЦЕНОЧНЫЕ НЕРАВЕНСТВА ПРИ ЖИРНЫХ ХВОСТАХ

13. ОЦЕНКА ДЖИНИ ПРИ БЕСКОНЕЧНОЙ ДИСПЕРСИИ †	293
13.1. ВВЕДЕНИЕ.....	293
13.2. АСИМПТОТИКИ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРИ БЕСКОНЕЧНОЙ ДИСПЕРСИИ	297
13.2.1. Краткое повторение α -устойчивых случайных величин	299
13.2.2. α -устойчивый асимптотический предел индекса Джини.....	300
13.3. ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ.....	301
13.4. ИЛЛЮСТРАЦИЯ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПАРЕТО	302
13.5. ПОПРАВКА НА МАЛУЮ ВЫБОРКУ	304
13.6. ВЫВОДЫ.....	308
Доказательство Теоремы 1	310
14. СУПЕРАДДИТИВНОСТЬ И СМЕЩЕННЫЕ ОЦЕНКИ ВКЛАДА КВАНТИЛЕЙ † ^a	315
14.1. ВВЕДЕНИЕ.....	315
14.2. ОЦЕНКА ДЛЯ НЕСМЕШАННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ С ХВОСТОМ ПАРЕТО	317
14.2.1. Смещение и сходимость	317
14.3. НЕРАВЕНСТВО АГРЕГАЦИИ НЕРАВЕНСТВ	320
14.4. СМЕШАННЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ХВОСТА.....	323
14.5. ЧЕМ БОЛЬШЕ СУММА, ТЕМ ВЫШЕ $\hat{\kappa}_q$	326
14.6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ТОЧНАЯ ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ	326
14.6.1. Робастные методы и использование полных данных	327
14.6.2. Как правильно оценивать концентрацию?.....	327

Часть V. СТАТЬИ О ТЕНЕВЫХ МОМЕНТАХ

15. ТЕНЕВЫЕ МОМЕНТЫ ЯВЛЕНИЙ С МНИМО БЕСКОНЕЧНЫМ СРЕДНИМ †.....	331
15.1. ВВЕДЕНИЕ.....	331
15.2. ДВОЙСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ	332
15.3. ВЕРНЕМСЯ К Υ : ТЕНЕВОЕ СРЕДНЕЕ, ИЛИ СРЕДНЕЕ ПО ГЕНЕРАЛЬНОЙ СОВОКУПНОСТИ.....	334
15.4. СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ МЕТОДАМИ	337
15.5. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ.....	338
16. О ХВОСТОВОМ РИСКЕ ОСТРОГО КОНФЛИКТА (СОВМЕСТНО С П. ЧИРИЛЛО)†.....	340
16.1. ВВЕДЕНИЕ И РЕЗЮМЕ	340
16.2. ОБЗОР СТАТИСТИЧЕСКОЙ ДИСКУССИИ.....	343
16.2.1. Результаты	343
16.2.2. Заключение	345

16.3. ОБСУЖДЕНИЕ МЕТОДОВ.....	345
16.3.1. Метод масштабирования.....	345
16.3.2. Условное математическое ожидание (в нестрогом изложении).....	347
16.3.3. Надежность данных и влияние на хвостовые оценки.....	347
16.3.4. Определение «события».....	349
16.3.5. Пропущенные события.....	349
16.3.6. Систематическая ошибка выжившего.....	350
16.4. АНАЛИЗ ДАННЫХ.....	350
16.4.1. Превышения над порогом.....	350
16.4.2. Интервалы во временных рядах и автокорреляция.....	351
16.4.3. Анализ хвоста.....	352
16.4.4. Альтернативный взгляд на максимумы.....	354
16.4.5. Анализ полных данных.....	355
16.5. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТЕСТЫ РОБАСТНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ.....	356
16.5.1. Бутстрэп для GPD.....	356
16.5.2. Внесение возмущений в границы оценок.....	357
16.6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ: МИР ОПАСНЕЕ, ЧЕМ КАЖЕТСЯ?.....	358
16.7. БЛАГОДАРНОСТИ.....	359
G. КАКОВА ВЕРОЯТНОСТЬ ТРЕТЬЕЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ?*	360

Часть VI. СТАТЬИ О МЕТАВЕРоятности

17. КАК ТОЛСТЫЕ ХВОСТЫ ВОЗНИКАЮТ ИЗ РЕКУРСИВНОЙ ЭПИСТЕМОЛОГИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ [†]	367
17.1. МЕТОДЫ И ВЫКЛАДКИ.....	368
17.1.1. Уровни неопределенности.....	368
17.1.2. Интегралы высоких порядков в стандартном гауссовом случае.....	369
РЕЖИМ 1 (ВЗРЫВНОЙ): СЛУЧАЙ ПОСТОЯННОГО ПАРАМЕТРА a	372
17.1.3. Влияние на малые вероятности.....	374
17.2. РЕЖИМ 2: СЛУЧАИ ЗАТУХАЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ an	375
17.2.1. Режим 2-a; «потери» погрешности высокого порядка.....	375
17.2.2. Режим 2-b; второй метод, немультпликативная погрешность.....	376
17.3. ПРЕДЕЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ.....	376
18. СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ХВОСТА ПРИ АСИММЕТРИЧНЫХ СТЕПЕННЫХ ЗАКОНАХ [†]	377
18.1. ИСТОРИЯ ВОПРОСА.....	378
18.2. ОДНОХВОСТЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СО СТОХАСТИЧЕСКОЙ АЛЬФОЙ.....	378
18.2.1. Общие случаи.....	378
18.2.2. Неравенство стохастической альфы.....	379
18.2.3. Аппроксимации для класса \mathfrak{P}	381
18.3. СУММЫ СТЕПЕННЫХ ЗАКОНОВ.....	381
18.4. АСИММЕТРИЧНЫЕ УСТОЙЧИВЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ.....	382
18.5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРЕТО С ЛОГНОРМАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ АЛЬФЫ.....	383
18.6. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРЕТО С ГАММА-РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ АЛЬФЫ.....	384
18.7. ОГРАНИЧЕННЫЙ СТЕПЕННОЙ ЗАКОН В РАБОТЕ ЧИРИЛЛО И ТАЛЕБА (2016).....	385
18.8. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КОММЕНТАРИИ.....	386
18.9. БЛАГОДАРНОСТИ.....	386
19. МЕТАРАСПРЕДЕЛЕНИЕ p -ЗНАЧЕНИЙ И p -ХАКИНГ [†]	387
19.1. ДОКАЗАТЕЛЬСТВА И ВЫВОД ФОРМУЛ.....	389
19.2. ОБРАТНАЯ МОЩНОСТЬ ТЕСТА.....	393
19.3. ПРИЛОЖЕНИЕ И ВЫВОДЫ.....	394
БЛАГОДАРНОСТИ.....	395

Н. НЕКОТОРЫЕ НЕДОРАЗУМЕНИЯ В ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКЕ.....	396
Н.1. ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ: ЛОЖНАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ БЛИЗОРУКОЙ БОЯЗНИ ПОТЕРЬ.....	396

Часть VII. ТОРГОВЛЯ ОПЦИОНАМИ И ЦЕНЫ ПРИ ЖИРНЫХ ХВОСТАХ

20. НЕУДАЧИ ФИНАНСОВОЙ ТЕОРИИ КАСАТЕЛЬНО ЦЕН ОПЦИОНОВ [†]	403
20.1. БАШЕЛЬЕ, А НЕ БЛЭК — ШОУЛЗ.....	404
20.1.1. Искажения из-за идеализации.....	405
20.1.2. Фактическая процедура репликации.....	406
20.1.3. Провал: погрешность хеджирования может сделать модель непригодной.....	406
21. ЕДИНСТВЕННАЯ МЕРА ДЛЯ ЦЕН ОПЦИОНОВ (БЕЗ ДИНАМИЧЕСКОГО ХЕДЖИРОВАНИЯ ИЛИ ПОЛНОГО РЫНКА) [‡]	407
21.1. ИСТОРИЯ ВОПРОСА	407
21.2. ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.....	410
21.2.1. Случай 1: форвард как мера, нейтральная к риску	410
21.2.2. Вывод формул.....	411
21.3. СЛУЧАЙ ФОРWARДА БЕЗ НЕЙТРАЛЬНОСТИ К РИСКУ	413
21.4. КОММЕНТАРИЙ.....	413
22. ТОРГОВЦЫ ОПЦИОНАМИ НЕ ПОЛЬЗУЮТСЯ ФОРМУЛОЙ БЛЭКА — ШОУЛЗА — МЕРТОНА ^{*‡}	415
22.1. ПРЕРЫВАНИЕ ЦЕПИ ПЕРЕДАЧИ	415
22.2. ВВЕДЕНИЕ И РЕЗЮМЕ.....	416
22.2.1. Теория Блэка — Шоулза была аргументом в дискуссии	416
22.3. МИФ 1: ТРЕЙДЕРЫ НЕ ЗАДАВАЛИ ЦЕНЫ ОПЦИОНАМ ДО БШМ	420
22.4. МЕТОДЫ И ВЫВОД ФОРМУЛ	421
22.4.1. Формулы опционов и дельта-хеджирование	424
22.5. МИФ 2: СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕЙДЕРЫ ПОЛЬЗУЮТСЯ БЛЭКОМ — ШОУЛЗОМ.....	425
22.5.1. Когда мы оцениваем стоимость?	426
22.6. О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ НЕВОЗМОЖНОСТИ ДИНАМИЧЕСКОГО ХЕДЖИРОВАНИЯ	426
22.6.1. Сбивающая с толку робастность гауссианы.....	428
22.6.2. Поток заказов и опционы	429
22.6.3. Башелье — Торп.....	430
23. ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ ОПЦИОНОВ ПРИ СТЕПЕННЫХ ЗАКОНАХ: РОБАСТНАЯ ЭВРИСТИКА ^{*‡}	431
23.1. ВВЕДЕНИЕ.....	432
23.2. ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ «КОЛЛОВ» ЗА КОНСТАНТОЙ КАРАМАТЫ	432
23.2.1. Первый подход, S в классе правильно меняющихся функций	432
23.2.2. Второй подход, геометрическая доходность от S в классе правильно меняющихся функций.....	434
23.3. ЦЕНЫ ОПЦИОНОВ «ПУТ»	437
23.4. ГРАНИЦЫ АРБИТРАЖА	438
23.5. КОММЕНТАРИЙ	438
24. ЧЕТЫРЕ ОШИБКИ В ФИНАНСОВОЙ МАТЕМАТИКЕ ^{*‡}	439
24.1. ПУТАНИЦА МЕЖДУ ВТОРЫМ И ЧЕТВЕРТЫМ МОМЕНТАМИ.....	439
24.2. НЕУЧЕТ НЕРАВЕНСТВА ЙЕНСЕНА ПРИ АНАЛИЗЕ ДОХОДНОСТИ ОПЦИОНОВ	440
24.3. НЕРАЗРЫВНАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ СТРАХОВКОЙ И ПРЕДМЕТОМ СТРАХОВАНИЯ	442
24.4. НЕОБХОДИМОСТЬ МАСШТАБА ЦЕН В ФИНАНСОВОЙ МАТЕМАТИКЕ	442
24.5. ПРИЛОЖЕНИЕ (СТАВКИ НА ХВОСТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ)	443
25. ОГРАНИЧЕНИЯ ХВОСТОВОГО РИСКА И МАКСИМАЛЬНАЯ ЭНТРОПИЯ (СОВМЕСТНО С Д. И Э. ЖИМАН) [‡]	445

25.1. РИСК ЛЕВОГО ХВОСТА КАК ЦЕНТРАЛЬНОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ ПОРТФЕЛЯ	445
25.1.1. Штанга с точки зрения Э. Т. Джейнса	448
25.2. ВЕРНЕМСЯ К ЗАДАНИЮ СРЕДНЕГО И ДИСПЕРСИИ	449
25.2.1. Анализ ограничений	450
25.3. ВЕРНЕМСЯ К ГАУССОВУ СЛУЧАЮ	450
25.3.1. Смесь двух нормальных распределений	452
25.4. МАКСИМАЛЬНАЯ ЭНТРОПИЯ	453
25.4.1. Случай А: ограничиваем глобальное среднее	453
25.4.2. Случай В: ограничиваем абсолютное среднее	455
25.4.3. Случай С: степенные законы для правого хвоста	455
25.4.4. Расширение на несколько периодов: комментарий	457
25.5. КОММЕНТАРИИ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ	458
25.6. ПРИЛОЖЕНИЕ / ДОКАЗАТЕЛЬСТВА	458
ПЕРСОНАЛИИ	459
БИБЛИОГРАФИЯ	467